

ТЕМА 12. МЕХАНІЗМИ ГОМЕОСТАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ В СЕРЦЕВО-СУДИННІЙ СИСТЕМІ

Мета: Сформувати уявлення про саморегуляцію функції серця та судин. Усвідомити роль резистивних судин і ємнісних судин в гомеостатичних механізмах. Знати структурно-функціональні основи мікроциркуляторного гомеостазу. Вивчити вплив температурних подразників та сильного подразнення органів черевної порожнини на частоту серцевих скорочень. З'ясувати роль різних структур провідної системи серця у реалізації його здатності до автоматії. Визначити тип гемодинаміки, загальний і питомий периферичний судинний опір.

ПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Саморегуляція функції серця та судин.
2. Роль резистивних судин і ємнісних судин в гомеостатичних механізмах.
3. Структурно-функціональні основи мікроциркуляторного гомеостазу.
4. Авторегуляція мікроциркуляторної системи.

Матеріали та обладнання: препарувальний набір, дощечка, шпильки, важілець Енгельмана (серфін), пробірки, секундомір, пінцет або шпатель, термометр, лігатури, тепла вода, лід.

Об'єкт дослідження: людина, жаба.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Завдання 1. Дослідження впливу температурних подразників на частоту серцевих скорочень.

Жабу декапітувати і руйнувати спинний мозок за допомогою зонду. Тварину закріпити на препарувальній дощечці черевцем догори. Оголити серце, верхівку його фіксувати і з'єднати з важільцем Енгельмана. Визначити частоту скорочень серця за 1 хв. Торкнутися венозного синусу дном пробірки, яка заповнена льодом. Відмічають зміну частоти та амплітуди скорочень серця. Аналогічно дослідити вплив теплового подразника (прикласти до венозного синусу дно пробірки з теплою водою – +50 °С). Далі дослідити вплив температурних факторів на міокард передсердь та шлуночків.

Оформити протокол, зробити висновки.

Завдання 2. Дослідження вісцеро-кардіального рефлексу (дослід Гольца).

Рефлекторне уповільнення діяльності серця і навіть його зупинка має місце при сильному подразненні органів черевної порожнини. Доцентрові шляхи цього рефлексу йдуть від шлунка й кишок по черевному нерву в

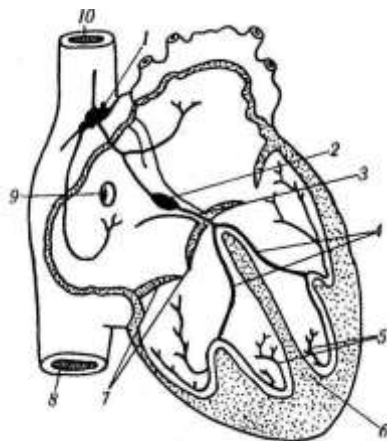
спинний мозок і досягають ядер блукаючого нерва в довгастому мозку. Звідси починаються відцентрові шляхи, створені гілками блукаючого нерва, що йдуть до серця.

У жаби видалити частину головного мозку – відсікти голову позаду очей; зафіксувати жабу черевцем догори на препарувальному столику. Оголити серце, підрахувати кількість серцевих скорочень. Потім шпателем або пінцетом нанести два-три удари по черевній стінці і знову підрахувати кількість скорочень серця. Серце скорочуватиметься повільніше або зупиниться. Дослід треба повторити декілька разів.

Оформити протокол досліду. Зазначити частоту серцевих скорочень до та після подразнення органів черевної порожнини (за результатами кількох дослідів). Нарисувати у зошиті схему рефлекторної дуги рефлексу.

Завдання 3. Вивчення системи автоматії серця.

Однією з основних властивостей серця є автоматія – здатність ритмічно скорочуватись без будь-яких зовнішніх подразників. Автоматія притаманна не самому серцевому м'язу, тобто робочим кардіоміоцитам, а окремим клітинам м'язового походження, що утворюють провідну систему серця. Склад провідної системи серця представлений на рис. 1.

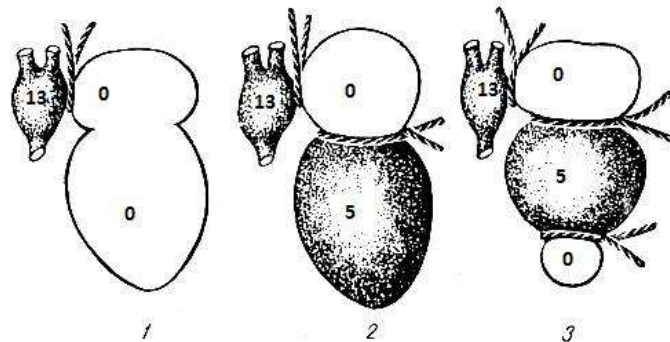


1 – синусно-передсердний вузол; 2 – передсердно-шлуночковий вузол; 3 – пучок Гіса; 4 – ніжки пучка Гіса; 5 – волокна Пуркін'є; 6 – міжшлуночкова перегородка; 7 – правий передсердно-шлуночковий клапан; 8 – нижня порожниста вена; 9 – отвір венозного синусу; 10 – верхня порожниста вена.

Рисунок 1. Провідна система серця.

Деякі елементи провідної системи серця є пейсмекерами (водіями ритму), деякі здійснюють лише провідникову функцію. Роль різних складових частин провідної системи серця яскраво демонструє дослід, вперше здійснений Г. Ф. Станіусом на серці жаби та носить назву лігатури Станіуса.

У жаби, знерухомленої шляхом руйнування спинного та головного мозку, здійснити розтин грудної клітки та видалити перикард. Під час досліду накласти три лігатури (нитки), що перетягують певні ділянки серця. Перед накладанням лігатур венозний синус, передсердя та шлуночок скорочуються з однаковою частотою (біля 50 ударів на хвилину). Першу лігатуру накласти на межі венозного синусу та передсердя жаби, відділяючи синусно-передсердний вузол, другу – на межі між передсерддями та шлуночком, подразнюючи передсердно-шлуночковий вузол, а третю – на верхівці серця, відокремлюючи її. Результати досліду наведені на рис. 2.



1 – накладання першої лігатури; 2 – накладання другої лігатури; 3 – накладання третьої лігатури. Темним кольором позначені ділянки серця, що скорочуються, білим – ті, в яких скорочення не спостерігається. Числа позначають кількість ударів у даній ділянці за 15 секунд.

Рисунок 2. Результати досліду Станіуса.

Оформити протокол досліду. Зарисувати анатомічну схему серця, на якій позначити місця накладання лігатур за Станіусом. Визначити частоту скорочень області венозного синуса, передсердь і шлуночка до і після накладання лігатур. Описати результати спостережень за верхівкою серця після того, як її відсікли та піддали механічному подразненню.

Завдання 4. Визначення типу гемодинаміки та питомий периферичний судинний опір в стані спокою та після фізичного навантаження.

Для визначення типу гемодинаміки та питомого периферичного судинного опору важливе значення має вимірювання параметрів центральної гемодинаміки. Найважливіший параметр центральної гемодинаміки – УО – ударний об'єм серця. УО в спокої дорівнює в середньому 60-75 мл. Похідним від УО є ХОК – хвилиний об'єм кровотоку. У нормі дорівнює в середньому 3,5-5 л/хв. Відхилення не перевищують $\pm 10\%$ від належної величини хвилиного об'єму кровообігу (НХОК).

$$\text{ХОК} = \text{СО} \times \text{ЧП}, \text{ де СО – систолічний об'єм, ЧП – частота пульсу} \quad (1).$$

CO визначається за формулою Старра:

$$CO = 100 + 0,5 \text{ ПТ} - 0,6 \text{ ДТ} - 0,6 \text{ В}, \quad (2)$$

де ПТ – пульсовий тиск – різниця між систолічним і діастолічним тиском (мм. рт. ст.); ДТ – діастолічний тиск (мм. рт. ст.); В – вік (у роках).

Для кожної людини існує належний хвилинний об'єм кровотоку (НХОК), який можна розрахувати, знаючи масу тіла, ріст і стать. На практиці частіше користуються не НХОК, а СІ – серцевим індексом, який можна легко розрахувати за формулою 3:

$$CI = \text{ХОК} / S, \quad (3)$$

де ХОК – хвилинний об'єм кровотоку, S – площа поверхні тіла, яка визначається за формулою 4:

$$S = \text{корінь} ((W \times H) / 3600) \text{ (м}^2\text{)}, \quad (4)$$

де W – маса тіла в кг, H – ріст у см.

Серцевий індекс в умовах основного обміну у здорової людини в середньому дорівнює 2,5-4,0 л / (хв × м²).

Ще один найважливіший параметр, необхідний для оцінки механізмів підтримання АТ – периферичний судинний опір. ЗПСО – загальний периферичний судинний опір (дин × сек × см) характеризує сумарний судинний опір, що створюється резистивним судинами, в основному артеріолами, і тому слугує для вивчення артеріального тону, його змін при різних патологічних і фізіологічних станах. У нормі ЗПСО становить від 900 до 2500 дин × сек × см.

ЗПСО розраховується за формулою 5:

$$\text{ЗПСО} = (\text{АТ}_{\text{СР}} \times 79,92) / \text{ХОК}, \quad (5)$$

де 79,92 – фактор перекладу міліметрів ртутного стовпа в дині на см²,
АТ_{СР} – середній АТ, який розраховується за формулою Хікмана:

$$\text{АТ}_{\text{СР}} = \text{ДТ} + (\text{СТ} - \text{ДТ}) / 3, \quad (6)$$

де СТ – систолічний АТ.

Більш правильно з точки зору сумісності результатів вимірювання у людей різних росто-вагових параметрів є використання показника ППОС – питомий периферичний опір судин. У нормі ППОС коливається в межах 35-45 ум. од. Розраховується за формулою:

Розраховується за формулою 7:

$$\text{ППОС} = \text{АТ}_{\text{СР}} / \text{СІ}, \quad (7)$$

де $\text{АТ}_{\text{СР}}$ – середній артеріальний тиск в мм. рт. ст., СІ – серцевий індекс у л / (хв × м²).

Залежно від значення СІ і ПСС розрізняють типові порушення гемодинаміки при артеріальній гіпертензії (АГ).

Таблиця 1 – Типи гемодинаміки при гіпертонічній хворобі (Л. І. Левіної, О. М. Куликова, 2007р.)

Тип гемодинаміки	Серцевий індекс	
	Чоловіки	Жінки
Гіпокінетичний	3,0 та менше	2,5 та менше
Еукінетичний	3,1–3,9	2,6–3,5
Гіперкінетичний	4,0 та більше	3,6 та більше

Фактично типи порушень гемодинаміки при АГ дозволяють лікарю зорієнтуватися у внеску серцевого (УО, ХОК, СІ) та судинного компоненту (ОПСО, ППСО) в механізми підвищення АТ при АГ. З цією метою використовують і кількісні значення зміни серцевого індексу.

На ранніх стадіях розвитку АГ і з метою виявлення дизрегуляції серцево-судинної системи може бути використана оцінка реакції АТ на фізичне навантаження. Виділяють три типи реакцій АТ на фізичне навантаження:

Нормокінетичний – підвищення артеріального тиску адекватно фізичному навантаженні, ЗПСО знижується, пульсовий АТ збільшується, АТ підвищується за рахунок систолічного, в той час як діастолічний АТ знижується. Підвищення систолічного АТ завжди пропорційно даному виду фізичного навантаження і має свої межі (не вище 160 мм. рт. ст при навантаженні з розрахунку 1 Вт на кг маси тіла).

Гіперкінетичний – неадекватне підвищення артеріального тиску при фізичному навантаженні при нормальному або зниженому ЗПСО, пульсовий АТ зростає. АТ зростає за рахунок систолічного, яке завжди збільшується непропорційно даному фізичному навантаженні та його межі вище норми. Діастолічний АТ може не змінюватися або підвищується незначно.

Гіпокінетичний – підвищення АТ неадекватно фізичному навантаженні. При цьому УО знижений, ЗПСО підвищений, пульсовий АТ зменшений. Підвищення АТ відбувається за рахунок вираженого зростання діастолічного АТ.

Виміряти вагу, ріст, АТ і ЧП у стані спокою та після фізичного навантаження (20 присідань за 30 секунд). Визначити тип гемодинаміки, ЗПСО і ППСО. Оформити протокол, зробити висновки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть механізми саморегуляції функції серця, судин і мікроциркуляторного руслу.
2. Чому при сильному подразненні органів черевної порожнини жаби спостерігається уповільнення або навіть зупинка скорочень серця?
3. Яка роль різних складових частин провідної системи серця?
4. Який впливає фізичне навантаження на загальний і питомий периферичний судинний опір?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Белан С. М., Карвацький І. М., Шевчук В. Г. Фізіологія : навч. посіб. Київ : Книга плюс, 2021. 172 с.
2. Ганонг В. Ф. Фізіологія людини / пер. з англ.; наук. ред.: М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. Львів : БаК, 2002. 784 с.
3. Голл Дж. Е., Голл М. Е. Медична фізіологія за Гайтоном і Голлом / пер. з англ. Київ : Медицина, 2022. 648 с.
4. Клінічна фізіологія : підручник / за заг. ред. К. В. Тарасової. 2-е вид., перероб. і доп. Київ : Медицина, 2022. 776 с.
5. Медична фізіологія за Гайтоном і Голлом : підручник : пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. Т. 1. 634 с.
6. Фізіологія : підручник / за ред. В. Г. Шевчука. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.
7. Філімонов В. І. Фізіологія людини : підручник. 4-е вид. Київ : Медицина, 2021. 488 с.
8. Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І., Коритко З. І., Музика Ф. В. Фізіологія людини : навч. посіб. 2-ге вид., допов. Львів : ЛДУФК, 2013. 207 с.